

PAT-NO: JP02000292172A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000292172 A
TITLE: DRIVING AND DETECTING DEVICE FOR PIEZOELECTRIC
VIBRATOR
PUBN-DATE: October 20, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HASEGAWA, KAZUO	N/A
TAKAI, DAISUKE	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ALPS ELECTRIC CO LTD	N/A

APPL-NO: JP11101958

APPL-DATE: April 9, 1999

INT-CL (IPC): G01C019/56, G01P009/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the driving and detecting device for piezoelectric vibrator which enables the piezoelectric vibrator to output an output current with a constant amplitude without using an automatic gain control means.

SOLUTION: When a driver resistance RD is interposed between a drive means 27 and a piezoelectric vibrator 11, a driving voltage VC can be determined by the division ratio of the drive resistance RD and the internal resistance Z of the piezoelectric vibrator 11. When the output current I1 tends to decrease at high temperature, the internal resistance Z increases and the drive voltage VC

can be set large, so that the mechanical amplitude of the piezoelectric vibrator 11 increases. The decrease of the output current I_1 due to the increase in the internal loss of the piezoelectric vibrator 11 is therefore compensated. At low temperature, the internal resistance Z becomes small and the drive voltage V_C drops to the contrary, so the mechanical amplitude can be made small. The increase of the output current I_1 of the piezoelectric vibrator 11 can be compensated. Namely, no AGC circuit is needed, so the trouble of an AGC circuit can be eliminated.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-292172
(P2000-292172A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 C 19/56		G 0 1 C 19/56	2 F 1 0 5
G 0 1 P 9/04		G 0 1 P 9/04	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-101958

(22) 出願日 平成11年4月9日 (1999. 4. 9)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社
東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 長谷川 和男

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(72) 発明者 高井 大輔

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

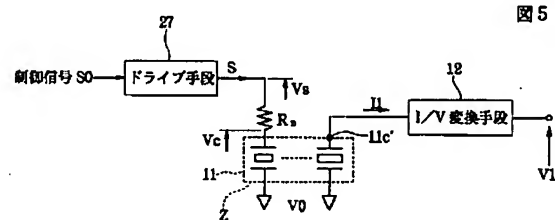
Fターム (参考) 2F105 BB04 BB09 BB12 CC01 CC06
CD02 CD06 CD11

(54) 【発明の名称】 圧電振動子の駆動および検出装置

(57) 【要約】

【課題】 従来はAGC回路によって圧電振動子の出力電流を一定とする構成であったため、高周波の外乱が入力されると出力に変動が生じてしまう。

【解決手段】 ドライブ手段27と圧電振動子11との間にドライブ抵抗 R_D を挿入するとドライブ抵抗 R_D と圧電振動子11の内部抵抗 Z との分割比により、駆動電圧 V_c を決定できる。高温時に出力電流 I_1 が低下傾向にある場合には、内部抵抗 Z が増大し駆動電圧 V_c を高く設定でき、圧電振動子11の機械的振幅が大きくなる。よって圧電振動子11の内部損失の増加による出力電流 I_1 の低下を補える。また反対に、低温時は内部抵抗 Z が小さくなり駆動電圧 V_c を低くなるため、機械的振幅を小さくできる。よって圧電振動子11の出力電流 I_1 の増加を補える。即ち、AGC回路が不要となるため、AGC回路の弊害を無くすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 温度の上昇に応じて内部インピーダンスと出力電流とが変化する温度特性を有する圧電振動子と、この圧電振動子に交流駆動信号を与えるドライブ手段と、前記圧電振動子の出力電流を出力電圧に変換するI/V変換手段とからなる圧電振動子の駆動および検出装置であって、

前記圧電振動子とドライブ手段の間には、温度が上昇したときに圧電振動子に印加される駆動電圧を高めて前記圧電振動子の出力電流の減少を防止し且つ温度が下がったときに前記圧電振動子の駆動電圧を低下させて前記圧電振動子の出力電流の増加を防止して前記出力電流の振幅を一定に維持するドライブ抵抗が挿入されていることを特徴とする圧電振動子の駆動および検出装置。

【請求項2】 温度の上昇に応じて内部インピーダンスが高くなる正の温度特性と温度の上昇に応じて出力電流が小さくなる負の温度特性とを有する圧電振動子と、この圧電振動子に交流駆動信号を与えるドライブ手段と、前記圧電振動子の出力電流を出力電圧に変換するI/V変換手段とからなる圧電振動子の駆動および検出装置であって、

前記圧電振動子とドライブ手段の間には、温度が上昇したときに圧電振動子に印加される駆動電圧を高めて前記圧電振動子の出力電流の減少を防止し且つ温度が下がったときに前記圧電振動子の駆動電圧を低下させて前記圧電振動子の出力電流の増加を防止して前記出力電流の振幅を一定に維持するドライブ抵抗が挿入されている圧電振動子の駆動および検出装置。

【請求項3】 前記ドライブ抵抗 R_D と内部インピーダンスの内部抵抗 Z との分割比を $Z/(R_D+Z)$ とし、前記内部抵抗 Z が正の温度特性で変化したときに、前記ドライブ抵抗 R_D が前記分割比 $Z/(R_D+Z)$ の値を $1/1.5$ から $1/2$ の範囲に設定する請求項1又は2に記載の圧電振動子の駆動および検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ジャイロ스코ープなどに使用される圧電振動子の駆動および検出装置に係わり、特に温度変化に対して安定した状態で動作できるようにした圧電振動子の駆動および検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図8は、従来のジャイロ스코ープの回路構成を示すブロック図、図9は発振手段の入力電圧信号（自動利得調整手段の出力電圧）を示し、Aは外乱がない場合、Bは外乱が生じた場合、図10は図9A、Bに対応するジャイロ스코ープの出力を示し、Aは外乱がない場合、Bは外乱が生じた場合、図11は圧電振動子の内部インピーダンスの抵抗成分（内部抵抗）の温度特性を示す図、図12は圧電振動子の出力電流の温度特性を示す図をそれぞれ示している。

【0003】図8に示すように、ジャイロ스코ープの回路構成は、圧電振動子1に所定の駆動振動を与えて振動駆動させる駆動系と、圧電振動子1に生じたコリオリ力から角速度を検出する検出系とから構成されている。

【0004】前記制御系は、I/V（電流/電圧）変換手段2A、2B、二値化手段3A、3Bおよび位相差検出手段4から構成されている。なお、前記位相差検出手段4は、位相比較器4a、4b、ローパスフィルタ4c、4d、差動増幅器4eおよびローパスフィルタ4fから構成されている。

【0005】一方、駆動系はAGC回路（自動利得調整手段）5、PLL（フェーズ・ロック・ループ）6、ローパスフィルタ7およびドライブ手段8から構成されており、前記AGC回路5は、振幅検波器5a、振幅基準電圧発生器5b、差動増幅器5cおよび振幅調整器5から、前記PLL6はローパスフィルタ6a、VCO（電圧制御発振器）6bおよび分周器6cからそれぞれ構成されている。

【0006】圧電振動子1は、例えば三脚音叉型の振動子であり、前記ドライブ手段8から駆動電極に所定の交流駆動信号（ドライブ信号）Sを与えると各振動子が振動駆動され、2つの出力電極から出力電流I1およびI2を出力する。この圧電振動子1がある回転系に置かれると、圧電振動子1にコリオリ力が作用し、前記出力電流I1およびI2間に位相差が生じる。

【0007】この出力電流I1およびI2は、上記I/V変換手段2A、2Bにおいて出力電圧V1およびV2にそれぞれ変換され、この出力電圧V1、V2は二値化手段3A、3BおよびAGC回路5に出力されている。二値化手段3A、3Bでは、所定の基準電圧に基づき、前記出力電圧V1、V2を各自のパルス幅に比例したパルス幅からなるデジタル信号D1およびD2に変換し、これらデジタル信号D1およびD2を位相差検出手段4に出力する。

【0008】位相差検出手段4では、位相比較器4a、4bにおいて、PLL6の分周器6cから出力される参照信号refと各デジタル信号D1、D2とを比較した信号が生成され、これら比較した信号は加算（加算信号）されてPLL6に入力されている。PLL6では、この加算信号に基づき、前記参照信号refがデジタル信号D1とD2の位相差の midpoint から所定位相（例えば $\pi/2$ ）だけ遅れるようにVCO6bを発振させる。

【0009】またAGC回路5では、前記圧電振動子1の出力である出力電流I1、I2が常に一定の振幅となるように前記制御信号S0の調整を行なう。すなわち、AGC回路の初段の振幅検波器5aでは、上記出力電圧V1およびV2を加算した信号についての振幅検波を行なう。差動増幅器5cでは、前記検波後の信号と基準電圧発生手段5bで生成された基準信号との差信号を求め、この差信号を増幅して振幅調整器5dに出力する。

振幅調整器5dでは、この差信号に基づきPLL6から出力される参照信号refの振幅の調整を行なった制御信号S0を生成する。そして、この制御信号S0は、ローパスフィルタ7で余分な高周波成分が除去され、さらにドライブ手段8ではこの制御信号S0に基づき圧電振動子1を駆動するための最終的な駆動信号Sを生成する。

【0010】上記のように構成されるジャイロスコープがある回転に置かれると、圧電振動子1にコリオリ力Fが発生する。このコリオリ力Fは、 $F = 2 \cdot m (v \times \omega)$ で表わせる。ただし、mは圧電振動子1の質量、vは圧電振動子1の振動方向への振動速度（ベクトル値）、 ω は角速度（ベクトル値）、 \times はベクトル積である。そして、このコリオリ力Fにより、前記出力電流I1およびI2との間に位相差が生じる。

【0011】ジャイロスコープの検出系では、位相差検出手段4において前記デジタル信号D1およびD2との間の位相差を検出し、この位相差を直流電圧出力Voutとして出力する。この直流電圧出力Voutは、回転系で生じた角速度 ω に比例した出力となる。そして、この角速度 ω （直流電圧出力Vout）は、例えばジャイロスコープが搭載されるナビゲーションの本体などにおいて時間積分され、角度 θ が求められる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】圧電振動子1を効率良く駆動するには、圧電振動子1の内部インピーダンスが最も小さくなる機械的な共振点近傍で駆動することが理想的である。しかし、圧電振動子1の内部インピーダンスの抵抗成分（内部抵抗）Zは、図11に示すように温度に依存して変化するという特長を有する。一般的な圧電振動子では、温度が高いときほど内部インピーダンスZが高く、温度が低いときほど内部インピーダンスZが低くなる傾向がある。よって、この場合、高温時ほどの圧電振動子1の内部損失が高くなり、低温時ほどの内部損失が低くなる。

【0013】一方、図12に示すように圧電振動子1の出力電流I1およびI2は、高温時ほど小さくなり低温時ほど大きくなるという特性を有する。このため、電圧変換後の出力電圧V1およびV2の振幅も高温時ほど小さく出力され、低温時ほど大きく出力される。

【0014】よって、上記従来のジャイロスコープの回路構成では、温度に変化が生じた場合にも出力電圧V1およびV2の振幅が安定化されるように、AGC自動利得調整手段5を用いて交流駆動信号Sの振幅の調整を行っている。

【0015】しかし、例えば図9Aに示すように、自動利得調整手段6の出力電圧に高周波成分からなるインパルス性の外乱Nが印加されると、自動利得調整手段6の出力は図9Bに示すような挙動を示す。すなわち、出力電圧V1およびV2に外乱Nはノイズ除去手段3で除去されるが、自動利得調整手段6により正弦波出力が一時

的（時間t）に無出力状態となるという現象が生じる。

【0016】このため、図10Bに示すように、ジャイロスコープの出力Voutには、高周波の外乱による直接的な影響は生じないが、自動利得調整手段6により生じた無信号による影響が出力Voutに現れるという弊害が生じる。

【0017】また、このような自動利得調整手段6の弊害を防止すべく、自動利得調整手段6自体そのものを取り去ると、温度変化に対し出力電圧V1およびV2の振幅が変動するため、ジャイロスコープの出力Voutが不安定になりやすいという問題がある。

【0018】また、圧電振動子1の内部インピーダンスZが温度変化を持つ場合には、予め温度と内部インピーダンスとの関係を求め、これを温度補正用のデータとして蓄積しておき、圧電振動子1の温度をサーミスタ等の温度センサで検出し、検出温度ごとに前記補正用のデータを読み出し、このデータに基づいて発振手段2を制御する方法も考えられる。しかし、一般に温度センサは圧電振動子に直付けできないため、その近傍の温度を検出できるのに留まる。よって、温度センサの設置箇所の温度と実際の圧電振動子1の温度とが異なり、圧電振動子1の出力電流の振幅を正確に制御することが難しい。

【0019】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、自動利得調整手段を用いることなく、圧電振動子が一定振幅の出力電流を出力できるようにした圧電振動子の駆動および検出装置を提供することを目的としている。

【0020】また本発明は、圧電振動子の内部インピーダンスが温度変化した場合であっても、常に一定振幅の出力電流を出力できるようにした圧電振動子を駆動する圧電振動子の駆動および検出装置を提供することを目的としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、温度の上昇に応じて内部インピーダンスと出力電流とが変化する温度特性を有する圧電振動子と、この圧電振動子に交流駆動信号を与えるドライブ手段と、前記圧電振動子の出力電流を出力電圧に変換するI/V変換手段とからなる圧電振動子の駆動および検出装置であって、前記圧電振動子とドライブ手段の間には、温度が上昇したときに圧電振動子に印加される駆動電圧を高めて前記圧電振動子の出力電流の減少を防止し且つ温度が下がったときに前記圧電振動子の駆動電圧を低下させて前記圧電振動子の出力電流の増加を防止して前記出力電流の振幅を一定に維持するドライブ抵抗が挿入されていることを特徴とするものである。

【0022】また本発明は、温度の上昇に応じて内部インピーダンスが高くなる正の温度特性と温度の上昇に応じて出力電流が小さくなる負の温度特性とを有する圧電振動子と、この圧電振動子に交流駆動信号を与えるドラ

イブ手段と、前記圧電振動子の出力電流を出力電圧に変換するI/V変換手段とからなる圧電振動子の駆動および検出装置であって、前記圧電振動子とドライブ手段の間には、温度が上昇したときに圧電振動子に印加される駆動電圧を高めて前記圧電振動子の出力電流の減少を防止し且つ温度が下がったときに前記圧電振動子の駆動電圧を低下させて前記圧電振動子の出力電流の増加を防止して前記出力電流の振幅を一定に維持するドライブ抵抗が挿入されていることを特徴とするものである。

【0023】本発明では、圧電振動子が有する正の温度特性と負の温度特性、すなわち温度が上昇すると内部インピーダンスが上昇し、温度が下がると内部インピーダンスが下るといふ圧電振動子の有する正の温度特性と、内部インピーダンスが大きいときには出力電流が小さくなり、反対に小さいときには出力電流が大きくなるという圧電振動子の有する負の温度特性とに着目し、負の温度特性を正の温度特性で補うことにより、温度変化が生じた場合でも出力電流に変化が生じないようにできる。

【0024】一般に、圧電振動子に直接加える駆動電圧を大きくすると、圧電振動子の機械的振幅が大きくなるため出力電流が大きくなる。また圧電振動子とドライブ手段との間にドライブ抵抗を挿入すると、圧電振動子の内部インピーダンス（内部抵抗） Z とドライブ抵抗 R_D とで分割比 $Z/(R_D+Z)$ が成立する。このうち圧電振動子の内部インピーダンス（内部抵抗） Z が正の温度特性を持つことから、温度が上昇すると前記分割比 $Z/(R_D+Z)$ を大きくすることができ、温度が下がると分割比 $Z/(R_D+Z)$ を小さくすることができる。したがって、例えば圧電振動子の内部インピーダンス Z とドライブ抵抗 R_D との間の入力電圧（ドライブ信号の電圧）を一定とすると、温度に対し圧電振動子自身の内部インピーダンスが変化するため、圧電振動子に直接加わる駆動電圧を自己調整することができる。すなわち、温度が高いときには駆動電圧が大きくなるため、圧電振動子の機械的振幅が大きくなり、その出力電流の減少を補うことができる。反対に、温度が低くなると駆動電圧も低くなるため、圧電振動子の機械的振幅が小さくなり、出力電流の増加を防止できるようになる。

【0025】例えば、前記ドライブ抵抗 R_D と内部インピーダンスの抵抗成分 Z との分割比を $Z/(R_D+Z)$ とし、前記抵抗成分 Z が正の温度特性で変化したときに、前記ドライブ抵抗 R_D が前記分割比 $Z/(R_D+Z)$ の値を $1/15$ から $1/2$ の範囲に設定するものが好ましい。

【0026】このような範囲にドライブ抵抗 R_D を設定しておく、一般的なドライブ信号 S の電圧値 V_S （振幅のピーク値で2ボルト乃至15ボルト）であれば、圧電振動子の駆動電圧を温度によって変化した圧電振動子11の内部インピーダンス Z で調整することができ、さらには出力電流を一定とすることができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明について図面を参照して説明する。図1は圧電ジャイロ스코プの駆動系および検出系を示すブロック図、図2は圧電ジャイロ스코プに使用される圧電振動子を示す斜視図、図3は図2の圧電振動子をIII方向からみた正面図である。

【0028】図1に示すブロック図は、圧電振動子（圧電音叉）11を中心とし、この圧電振動子11を駆動するための駆動系と、圧電振動子11から出力される出力電流を検出するための検出系とからなり、検出系の一部が駆動系に帰還するフィードバック制御系が構成されている。

【0029】圧電振動子11は、例えば図2に示すように、エリンパなどの恒弾性材料の平板の表裏両面に圧電材料が積層されたもの、またはPZTや水晶のように全体が圧電材料の板材により形成されたものであり、圧電振動子11の先端には3つの振動脚11u、11vおよび11wが分岐形成されている。

【0030】図2および図3に示すように、各振動脚11u、11vおよび11wの一方の面（+Y側）には、駆動電極11a、11b、11c、11d、11e、11fがそれぞれプリント形成されている。また他方の面（-Y側）には、前記各駆動電極に対応する出力電極11a'、11b'、11c'、11d'、11e'、11f'がそれぞれプリント形成されている。後述のドライブ手段27から、前記各駆動電極11a、11b、11c、11d、11eおよび11fに正弦波状の交流駆動信号（ドライブ信号） S が与えられると、振動脚11u、11vおよび11wは、圧電効果により各振動脚の並び方向となるX方向（+X及び-X方向）へ振動駆動される。

【0031】各振動脚11u、11vおよび11wは、X方向へ一次または数次モードによる曲げ変形振動を生じる。また、両側の振動脚11uと11wが同じ位相で駆動され、中央の振動脚11vは、両側の振動脚11uおよび11wと位相が π （180度）相違するように駆動される。すなわち、両側の振動脚11uと11wのある時点での振幅の方向が+X方向のとき、中央の振動脚11vの振幅方向は-X方向である。

【0032】上記のように振動駆動された状態で、この圧電振動子11をZ軸回りの回転系に置くと、各振動脚11u、11vおよび11wに対し振動駆動方向と直交する方向へのコリオリ力が作用し、各振動脚11u、11vおよび11wはY方向へ振動する。このコリオリ力による振動成分も、両側の振動脚11u、11wと、中央の振動脚11vとで逆の位相となる。ある時点で両側の振動脚11uと11wがコリオリ力により+Y方向への振幅成分を持つとき、中央の振動脚11vは-Y方向への振幅成分を持つこととなる。

【0033】図1に示すように、圧電振動子11の後段

には検出系が構成されている。検出系は、正弦波状の出力電流 I_1 、 I_2 を正弦波状の出力電圧 V_1 、 V_2 に変換する I/V (電流/電圧) 変換手段 12 、 $12'$ 、正弦波状の出力電圧 V_1 、 V_2 をデジタル信号 D_1 、 D_2 に変換する二値化手段 13 、 $13'$ 、排他的論理和の EXor1 および EXor2 ゲート回路等からなる位相比較手段 14 、 $14'$ 、ローパスフィルタ 15 、 $15'$ および差動増幅手段 16 およびローパスフィルタ 17 などから構成されている。

【0034】一方、圧電振動子 11 の前段には駆動系が構成されている。駆動系は、ローパスフィルタ 22 、VCO (電圧制御発振器) 23 、分周手段 24 、振幅安定化手段 25 、2次系のローパスフィルタ 26 およびドライブ手段 27 から構成されている。そして、分周手段 24 の出力は、参照信号 ref として前記位相比較手段 14 、 $14'$ に入力されている。なお、ローパスフィルタ 22 、VCO (電圧制御発振器) 23 および分周手段 24 により、PLL (フェーズ・ロック・ループ) が構成されている。この PLL では、前記分周後の参照信号 ref が、位相比較手段 14 、 $14'$ の各出力の位相差の中心点から $\pi/2$ だけ遅れるように VCO 23 を発振させる。

【0035】図4は本発明における実施の形態を示す圧電ジャイロスコープ用駆動装置の回路構成図、図5は図4の圧電ジャイロスコープ用駆動装置の等価回路図、図6は圧電振動子の駆動電極に直接印加される駆動電圧の温度特性を示す図、図7は圧電振動子の出力電流の温度特性を示す図である。

【0036】図4は図1のブロック図のうち、圧電振動子 11 とその前段に設けられたドライブ手段 27 、および圧電振動子 11 の後段に設けられた2つの I/V 変換手段 12 、 $12'$ をより具体的に示したものである。なお、 I/V 変換手段 12 と I/V 変換手段 $12'$ とは、機能が同様であるため、以下では主に I/V 変換手段 12 について説明する。

【0037】図4に示すように、ドライブ手段 27 は、例えばオペアンプなどの演算増幅器 $27A$ を主体とした反転増幅回路から構成されている。ドライブ手段 27 の出力端子 $27c$ は、圧電振動子 11 の各振動脚 $11u$ 、 $11v$ および $11w$ の駆動電極 $11a$ 、 $11b$ 、 $11c$ 、 $11d$ 、 $11e$ および $11f$ にドライブ抵抗 R_D を介して接続されている。

【0038】一方、 I/V 変換手段 12 、 $12'$ は、オペアンプなどの演算増幅器 $12A$ 、 $12B$ から構成されている。 I/V 変換手段 12 、 $12'$ では、演算増幅器 $12A$ 、 $12B$ の反転入力端子 (一端子) $12a$ 、 $12a'$ と前記中央の振動脚 $11v$ の出力電極 $11c'$ 、 $11d'$ とがそれぞれ接続されている。また各反転入力端子 $12a$ 、 $12a'$ と出力端子 $12c$ 、 $12c'$ とは所定の抵抗 R_f 、 R_f を介してそれぞれ接続されている。

また非反転入力端子 $12b$ 、 $12b'$ は、基準電位 V_0 (例えば、0ボルト) に接続されている。なお、 I/V 変換手段 12 、 $12'$ の入力インピーダンスはほぼ零である。振動脚 $11v$ の出力電極 $11c'$ から出力される出力電流 I_1 は I/V 変換手段 12 によって出力電圧 V_1 に変換されるが、この出力電圧 V_1 は $V_1 = -R_f \cdot I_1$ となる。同様に出力電流 I_2 と出力電圧 V_2 との間には $V_2 = -R_f \cdot I_2$ の関係が成立する。

【0039】なお、圧電振動子 11 のその他の振動脚 $11u$ および $11w$ の出力電極 $11a'$ 、 $11b'$ 、 $11e'$ および $11f'$ は基準電位 V_0 に接続されている。

【0040】以下、圧電ジャイロスコープ用駆動装置の動作について説明する。図1に示すように、前記 VCO 23 で発振された信号は、所定の駆動周波数となるように分周手段 24 で分周され振幅安定化手段 25 に入力される。振幅安定化手段 25 では、電源電圧変動によらずドライブ信号 S の振幅が一定となるよう調整を行なう。そして、このように分周され且つ振幅が調整された信号は、ローパスフィルタ 26 で高周波が除去され正弦波に変換し、ドライブ手段 27 の反転端子 (一端子) $27a$ に制御信号 S_0 として入力される。

【0041】ドライブ手段 27 では、制御信号 S_0 を増幅することによりドライブ信号 S を生成し、このドライブ信号 S をドライブ抵抗 R_D を介して圧電振動子 11 の各駆動電極 $11a$ 、 $11b$ 、 $11c$ 、 $11d$ 、 $11e$ および $11f$ に供給する。

【0042】ドライブ信号 S が供給されると、圧電振動子 11 の各振動脚 $11u$ 、 $11v$ および $11w$ は、上述したような振動を開始する。そして、振動脚 $11v$ の出力電極 $11c'$ および $11d'$ から出力電流 I_1 および I_2 が検出される。なお、このような圧電振動子 11 を有するジャイロスコープを回転系におくと、各振動脚 $11u$ 、 $11v$ および $11w$ にコリオリ力が生じるため、出力電流 I_1 および I_2 間には角速度に相当する位相差が生じる。

【0043】図5に示すように、圧電振動子 11 の内部インピーダンス (内部抵抗) Z 、ドライブ信号 S の電圧 V_s および圧電振動子 11 に直接印加される駆動電圧 V_c との間には、 $V_c = V_s \cdot Z / (R_D + Z)$ で表わされる。ただし、基準電位 V_0 を0ボルトとしている。このとき、出力電極 $11c'$ の出力電流を I_1 および I/V 変換後の出力電圧を V_1 とする。

【0044】上述したように、圧電振動子 11 の温度が高くなると、圧電振動子 11 内の内部損失が大きくなるため (図11参照)、内部インピーダンス Z も大きくなる。これにより、圧電振動子 11 の出力電極 $11c'$ から流れ出る (I/V 変換手段 12 に流れ込む) 出力電流 I_1 の振幅が減少するため、 I/V 変換後の出力電圧 V_1 の振幅も小さくなる。反対に圧電振動子 11 の温度が低くなると、圧電振動子 11 内の内部損失が小さくなる

ため、内部インピーダンス Z も小さくなる。よって、 I/V 変換手段12に流れ込む出力電流 I_1 の振幅が増加するため、 I/V 変換後の出力電圧 V_1 の振幅も大きくなる。すなわち、このジャイロ스코プの検出系では、出力電圧 V_1 の振幅が、高温時に小さく、低温時に大きくなるという負の温度特性を持つ。

【0045】一方、図6に示すように、ジャイロスコプの駆動系では、圧電振動子11の温度が高くなると、圧電振動子11の内部インピーダンス Z とドライブ抵抗 R_D からなる分割比 $Z/(R_D+Z)$ が高くなるので、圧電振動子11の駆動電極に加わる駆動電圧 V_c が高くなる。よって、圧電振動子11の機械的な振幅が大きくなる。また圧電振動子11の温度が低くなると、圧電振動子11の内部インピーダンス Z が低くなり分割比 $Z/(R_D+Z)$ も小さくなる。よって、この場合には駆動電圧 V_c も低くなるため、圧電振動子11の機械的な振幅が小さくなる。

【0046】すなわち、このジャイロスコプの駆動系では、圧電振動子11の駆動電極に加わる駆動電圧 V_c が、高温時に大きく、低温時に小さくなるという正の温度特性を持つようになる。

【0047】上記検出系においては、検出系における負の温度特性と駆動系における正の温度特性により、高温時に出力電流 I_1 が低下傾向にある場合には、駆動系において圧電振動子11が大きな機械的な振幅で動作させられるため、圧電振動子11の内部損失の増加による出力電流 I_1 の低下を補うことが可能となる。また低温時に出力電流 I_1 が増加傾向にある場合には、駆動系において圧電振動子11を小さな機械的な振幅で動作させられるため、圧電振動子11の内部損失の減少による出力電流 I_1 の増加を補うことが可能となる。

【0048】すなわち、ドライブ抵抗 R_D を挿入することにより、このジャイロスコプの駆動系では、高温時には圧電振動子11の駆動電極に加わる駆動電圧 V_c を高く設定され圧電振動子11の機械的な振幅を大きくできるため、検出系において低下傾向にある出力電流 I_1 を増加させて一定の振幅を確保することができる。また低温時には、駆動系において圧電振動子11の駆動電圧 V_c を低く設定され、圧電振動子11の機械的な振幅を小さくできるため、検出系において増加傾向にある出力電流 I_1 を低下させて一定の振幅を確保することができる。

【0049】例えば、ドライブ手段27のドライブ信号 S のピーク電圧を4[V]、ドライブ抵抗を47[KΩ]とした場合、図11に示す-20℃における圧電振動子の内部インピーダンスの内部抵抗 Z は $Z=4$ [KΩ]程度であるから、分割比は、 $Z/(R_D+Z)=4 \times 10^3 / (4+47) \times 10^3 \approx 0.08$ となる。よって、図6に示すように駆動電圧 V_c は $V_c=0.08 \times 4=0.32$ [V]となる。そして、図7に示すように、

このときの出力電流 I_1 は、 $I_1=8$ [μA]程度となる。

【0050】また図11に示す80℃における圧電振動子11の内部抵抗 Z は $Z=19$ [KΩ]程度であるから、分割比は $Z/(R_D+Z)=19 \times 10^3 / (19+47) \times 10^3 \approx 0.29$ となる。よって、図6に示すように駆動電圧 V_c は $V_c=0.29 \times 4=0.16$ [V]となる。そして図7に示されるこのときの出力電流 I_1 は、 $I_1=6.1$ [μA]程度となる。これらのことから、出力電流 I_1 は、大きく変動することなくほぼ一定の値とすることができる。

【0051】この例では、分割比 $Z/(R_D+Z)$ は、低温時(-20℃)で0.08であり、高温時(80℃)で0.29であることから、若干の余裕をみて、ドライブ抵抗を選定するには、分割比 $Z/(R_D+Z)$ を1/15乃至1/2程度に設定するように選ばれたいことがわかる。ただし、この分割比は、ドライブ手段27から供給されるドライブ信号の電圧 V_s が変わると、圧電振動子11に直接加わる駆動電圧 V_c も変わるが、一般的な入力電源電圧の範囲(例えば2[V]乃至15[V])程度を考慮すると、上記分割比 $Z/(R_D+Z)$ の設定範囲1/15乃至1/2はほぼ妥当なものといえる。

【0052】以上のように、ドライブ手段27と圧電振動子11との間にドライブ抵抗 R_D を挿入すると、図7に示すように広い温度範囲に渡り出力電流 I_1 および I_2 を一定の振幅に設定することが可能となるため、 I/V 変換後の出力電圧 V_1 および V_2 を一定の振幅に設定することができる。

【0053】このように、温度変化の影響を受けず常に一定の振幅として出力される出力電圧 V_1 および V_2 は、二値化手段13、13'により出力電圧 V_1 および V_2 のパルス幅に比例したパルス幅からなるデジタル信号 D_1 および D_2 に変換される。そして、位相比較手段14、14'では、参照信号 ref とデジタル信号 D_1 との排他的論理和出力、参照信号 ref とデジタル信号 D_2 との排他的論理和出力、およびこれらの反転出力を求め、さらに各出力信号どうしを互いに加算することにより、出力電流 I_1 と I_2 間の位相差に相当するパルス信号を出力する。ローパスフィルタ15、15'では、前記位相差に相当するパルス出力を積分平滑することにより直流電圧信号に変換する。差動増幅手段16では、ローパスフィルタ15、15'の直流電圧信号どうしの差動増幅出力をとることにより、出力電流 I_1 と I_2 間の位相差、すなわち角速度 ω に比例した直流電圧出力 V_{out} を出力する。

【0054】なお、上記実施の形態では、PLL回路を用いて位相制御を行なうものを示したが、本発明はこれに限られるものではなく、例えば演算増幅器を主体とするCR正弦波発振回路などからなる移相回路を用いたも

のであってもよい。

【0055】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、従来のようにAGC回路などの自動利得調整手段を用いることなく、ドライブ手段と圧電振動子の各駆動電極との間にドライブ抵抗を挿入するだけで出力電流の振幅を一定とすることができるため、回路構成を簡素化することができる。

【0056】また自動利得調整手段（AGC回路）を用いなくてよいため、外乱が入力された場合に自動利得調整手段自身による弊害が生じることがない。

【0057】さらに圧電振動子の内部インピーダンスが温度変化した場合であっても、I/V変換手段の出力電圧の振幅を常に一定とすることができる。よって、この出力電圧から精度の高い角速度を検出することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】圧電ジャイロ스코プの回路構成を示すブロック図、

【図2】圧電ジャイロ스코プに使用される圧電振動子を示す斜視図、

【図3】図2の圧電振動子をII方向からみた正面図、

【図4】本発明における実施の形態を示す圧電振動子の駆動および検出装置の回路構成図、

【図5】図4の圧電振動子の駆動および検出装置の等価回路図、

【図6】駆動電圧の温度特性を示す図、

【図7】圧電振動子の出力電流の温度特性を示す図、

【図8】従来のジャイロ스코プ用圧電振動子の駆動装置を示すブロック図、

【図9】発振手段の入力電圧信号（自動利得調整手段の出力電圧信号）を示し、Aは外乱がない場合、Bは外乱が生じた場合、

【図10】図9A、Bに対応するジャイロ스코プの出力を示し、Aは外乱がない場合、Bは外乱が生じた場合、

【図11】圧電振動子の内部インピーダンスの抵抗成分の温度特性を示す図、

【図12】は圧電振動子の出力電流の温度特性を示す図、

【符号の説明】

11 圧電振動子

12, 12' I/V（電流/電圧）変換手段

13, 13' 二値化手段

14, 14' 位相比較手段

27 ドライブ手段

R_D ドライブ抵抗

I₁, I₂ 出力電流

V₁, V₂ 出力電圧

V_S ドライブ信号の電圧

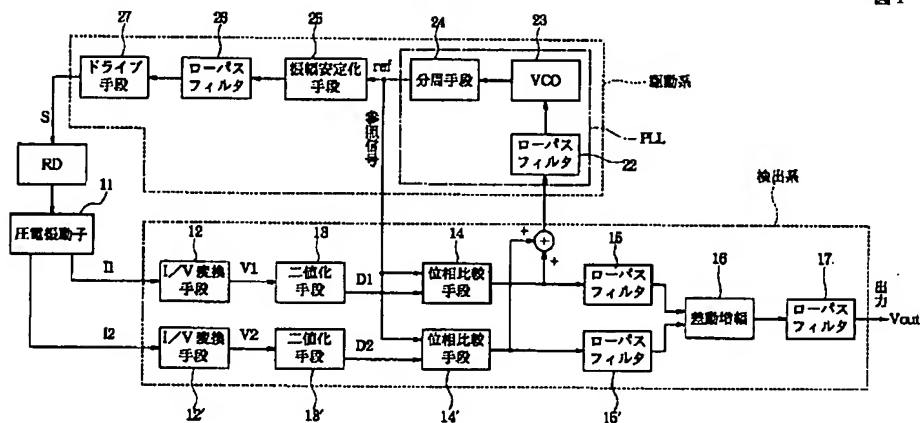
V_C 駆動電圧

S ドライブ信号

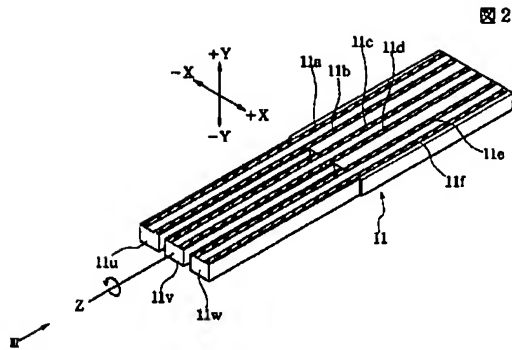
Z 圧電振動子の内部インピーダンスの抵抗成分（内部抵抗）

【図1】

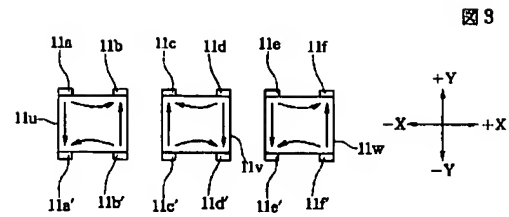
図1



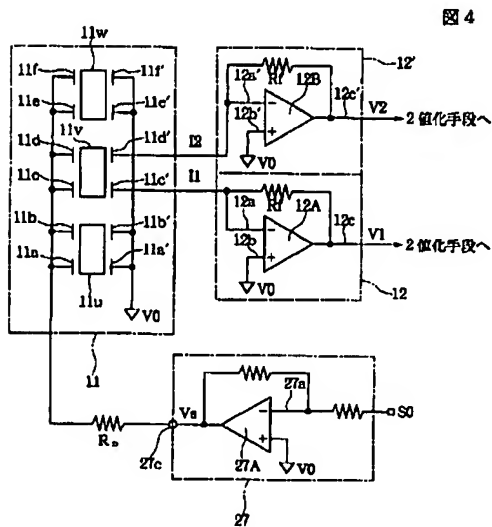
【図2】



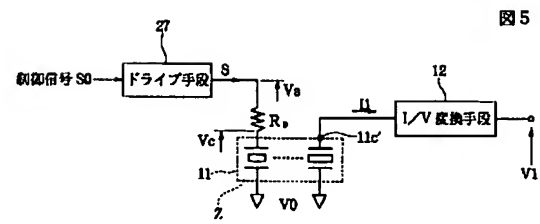
【図3】



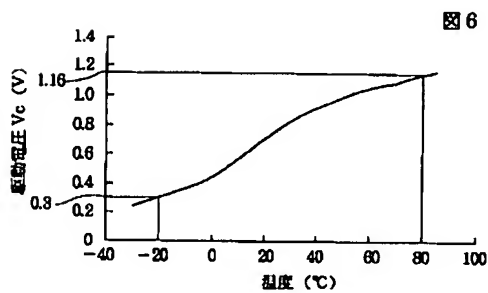
【図4】



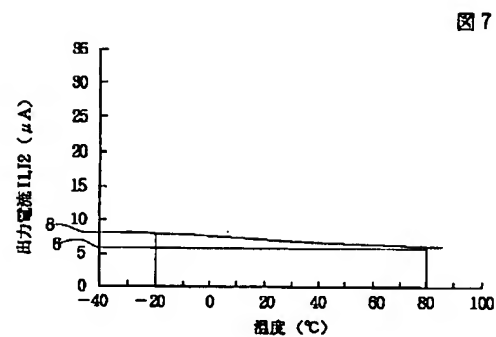
【図5】



【図6】

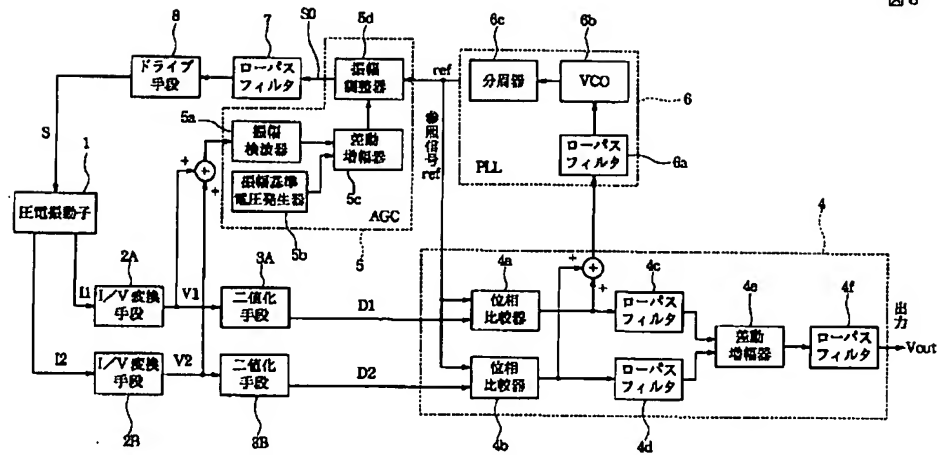


【図7】



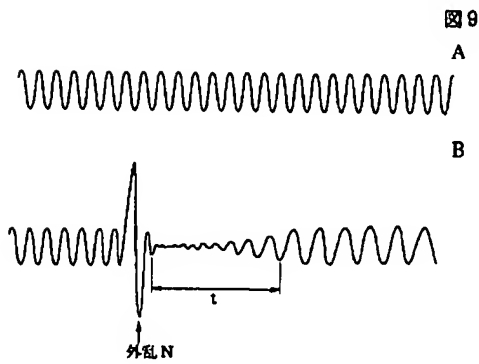
【図8】

図8

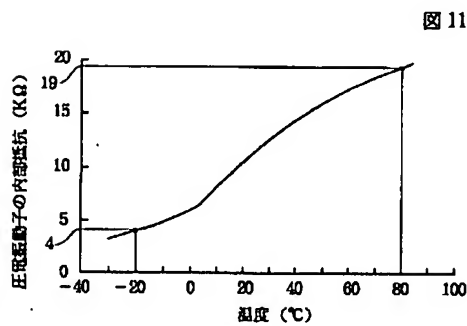
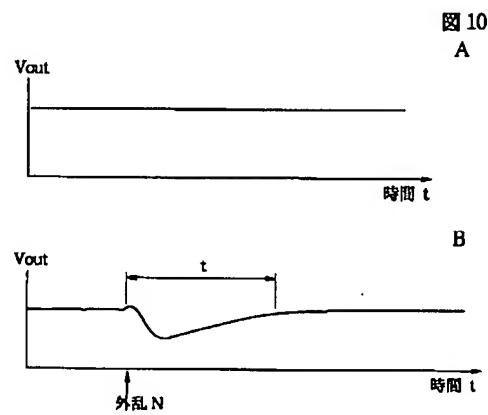


【図9】

【図10】



【図11】



【図12】

